

# カーボンアークとキセノンアーク促進耐候性試験の比較

ウェザリングは、プラスチック、繊維、コーティング、その他の有機材料の劣化の重要な原因です。促進耐候性試験機は、研究開発、品質管理、認証、および実使用環境でのパフォーマンスとの関連のために、この劣化をシミュレーションする目的で使用されます。促進耐候試験を実施するために今日使用されている最も一般的な機器は、キセノンアーク試験機と紫外線蛍光灯式耐候性試験機です。

Cカーボンアーク促進耐候試験は、促進耐候性および耐光性試験のために1世紀以上にわたって使用されてきました。紫外線カーボンアークのテクノロジーは1918年に最初に導入され、サンシャインカーボンアークは1933年に導入されました。カーボンアーク灯の装置は高価で操作が難しく、実際の劣化と光分解をうまく再現できません。しかしながら、人気の低下にもかかわらず、カーボンアーク光源はいくつかの歴史的な日本の基準でまだ指定されています。カーボンアーク試験機は、キセノンアーク試験機といくつかの特性を共有していますが、一般的にキセノンアークアプローチを支持する大きな違いがあります。本技術資料では、光源のスペクトル、水シミュレーション、必要なメンテナンスとコストなど、いくつかの重要な点におけるキセノンアーク試験機とカーボンアーク試験機の違いについて概説しています。

## 光源スペクトル

光化学的劣化は、光結合の化学結合の光子によって引き起こされます。化学結合の種類ごとに、反応を引き起こすために必要な臨界エネルギーがあります。そのエネルギーは光の特定の波長に対応します。そのしきい値より短い波長（高いエネルギー）の光子は結合を破壊できますが、長波長の光は強度（明るさ）に関係なく結合を破壊できません。その結果、短波長紫外線（UV）光がほとんどのポリマー劣化の原因となります。屋外の太陽光の最短波長は295 nmであるため、特定の材料が295 nm未満の波長のUV光のみに敏感である場合、屋外で光化学的劣化を経験することはありません。同じポリマーが、280 nmのスペクトルカットオフを持つ光源にさらされると、劣化します。短い波長を有する光源はより速い試験となりますが、試験機が材料の最終使用環境の波長カットオフを下回る場合、非現実的な結果が生じる可能性があります。カーボンアークのスペクトルの短波長領域は、自然の太陽光と比較して考慮することが重要です。

## カーボンアークのスペクトル

カーボンアーク光源は、太陽光スペクトル全体、特にUV範囲を再現することで太陽光をシミュレーションするために設計されました。図2は、屋外の自然の日光と比較した、紫外線カーボンアークとサンシャインカーボンアークの両方の発光スペクトルを示す分光分布（SPD）を示しています。サンシャインカーボンアーク光源と紫外線カーボンアーク光源は、どちらも明らかに自然の太陽光スペクトルに対して深刻な違いがあります。

紫外線カーボンアークのUV出力は、主に、360 nmおよび380 nmを中心とする自然の太陽光よりもはるかに強い2つの非常に大きなエネルギースパイクで構成されています。このスペクトルの出力は、350 nm以下ではほとんどありません。320 nmより短い波長のUV光がほぼすべてのポリマー分解の原因であるため、紫外線カーボンアークは、光安定性のテストには非常に弱く、不適切である可能性があります。

サンシャインカーボンアークには、約385 nmにおいて太陽光よりもはるかに大きいエネルギーの大きなスパイクがあります。サンシャインカーボンアークのスペクトルのより深刻な問題は、短波長で見られます。これは、前述の紫外線カーボンアークについて説明した問題の反対です。これを説明するために、図3はサンシャインカーボンアークと比較した太陽光を260-320 nmの範囲で焦点を当てて示しています。サンシャインカーボン光源は、通常の太陽のカットオフである295 nm以下のエネルギーを大量に放出します。このタイプの放射は、宇宙空間では現実的ですが、地表ではそうではありません。これらの短波長は、自然暴露と比較すると非現実的な劣化を引き起こす可能性があります。

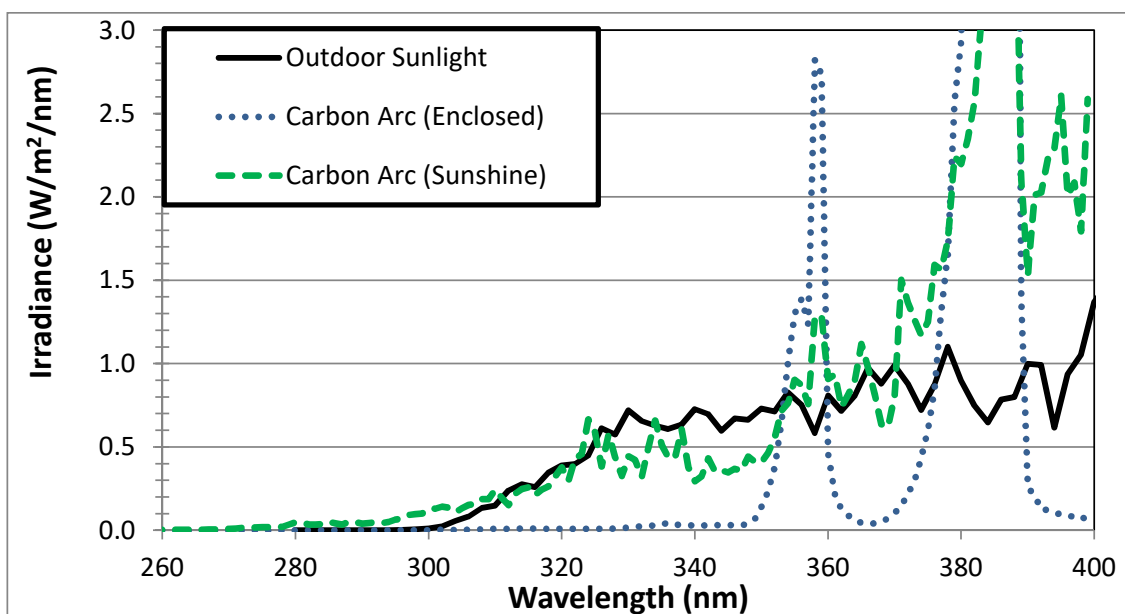


図2. 太陽光(黒色実線)、紫外線カーボンアーク(青い点線)、およびサンシャインカーボンアーク(緑の破線)のスペクトル分布。

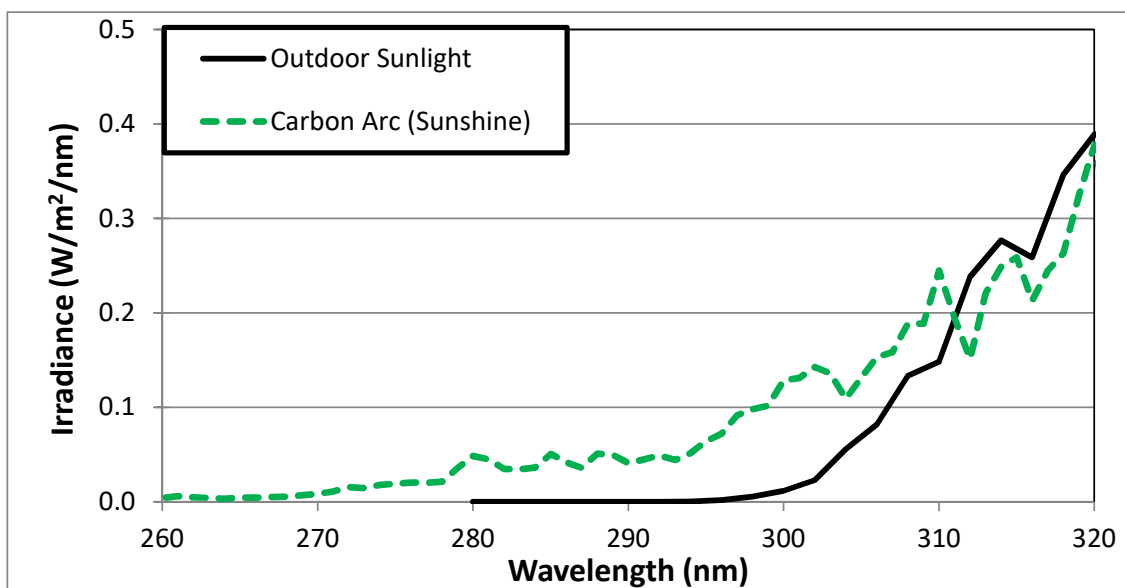


図3. 太陽光(黒い実線)とサンシャインカーボンアーク(破線の緑線)のスペクトル分布。

### キセノンランプのスペクトル

キセノンアークランプは、促進耐候性試験において、太陽光のフルスペクトル(全波長)を最もよく再現します。キセノンアーク試験機槽内の試験片に照射される光スペクトルは、さまざまな用途に合わせて光学フィルターを使用して変更できます。詳細については、Q-Lab Bulletin LX-5060-Q-SUNのフィルターの選択を参照してください。

キセノンアークランプの最も一般的なタイプの光学フィルターは、デイルイトと呼ばれます。名前が示すように、デイルイトフィルターは自然の屋外の日光を再現するためのものです。図4は、完全な太陽スペクトルとデイルイトフィルターを使用したキセノンアークスペクトルの優れた一致を示しています。適切な光学フィルターとキセノンランプを組み合わせることで、太陽光のUV部分と可視光の部分をよく再現します。

### 水のシミュレーション

カーボンとキセノン試験機は、物理的な構造が非常に似ています。両方の試験機は、雨と露の影響を再現する主な方法として、断続的な散水システムを使用しています。キセノン試験機はまた、制御された相対湿度を使用して、試料の湿潤時間に影響を与える場合があります。どちらも、高温の結露が屋外での湿気による影響の現実的なシミュレーションを行える紫外線蛍光灯式試験機での水の供給とは根本的に異なります。

カーボンアークの使用を要求する試験規格は、一般的に非常に古く、数十年間アップデートが行われていません。水噴霧が必要な場合、これらの規格は通常、102分間の光照射と18分間の光照射と水の噴霧を交互に行う「102/18」テストサイクルを指定しています。このサイクルは、科学的根拠や自然の屋外水循環との相関関係ではなく、初期のカーボンアーク試験機器のハードウェア制限に基づいて開発されました。光照射中に水が噴射することで、材料の不自然な熱衝撃が発生する可能性があります。これは、ほとんどの屋外の水は、実際には暗い時または曇りの期間に与えられるためです。さらに、18分間では、多くの耐久性のある材料を飽和させ、現実的な水による劣化を引き起こすには短すぎます。キセノンアーク試験機専用の規格が開発されており、屋外環境との相関性を高めるために、暗黒条件下でより長い水噴射期間を作り出すよう努めています。これらの規格には、ASTM D7869および広く使用されているSAE J2527が含まれます。その結果、カーボンアーク試験の基準は水が不足する可能性が高く、屋外の結果とも相関しません。

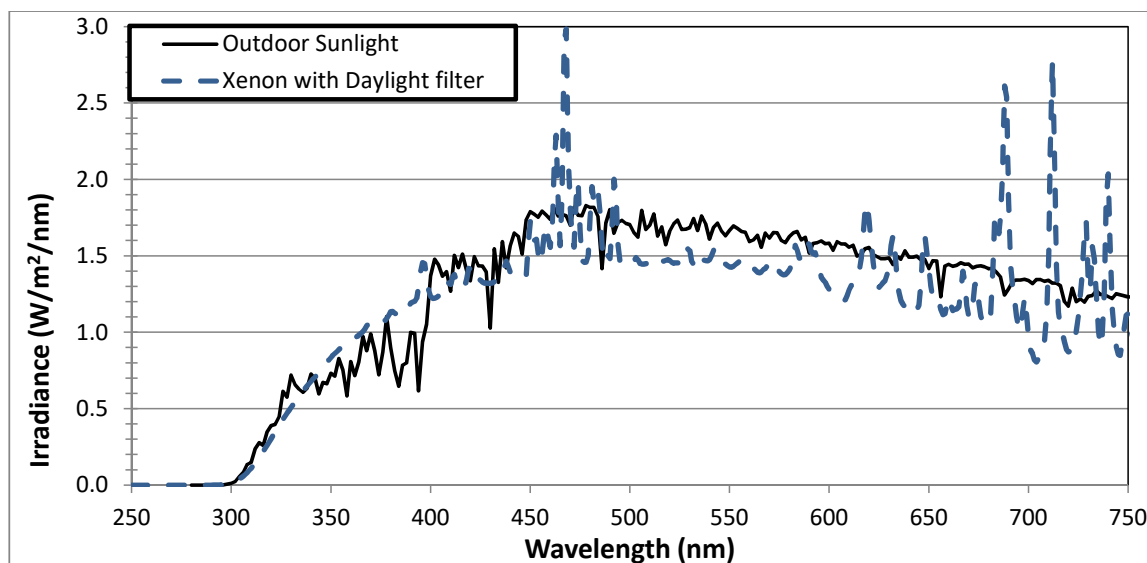


図4.太陽光(黒い実線)およびデイトライトフィルター付きキセノンアークランプ(破線)のスペクトル出力分布。

## メンテナンスと操作に関する考慮事項

カーボンアーク試験機は、毎日の清掃とカーボンロッドの交換が必要です。カーボンアーク試験機は、光を生成するために「燃焼」するカーボンロッドを利用します。カーボンは約23時間持続し、毎日交換する必要があります。通常、この手順には1時間以上かかります。フィルターも頻繁に掃除して交換する必要があります。対照的に、キセノンアークランプは1500時間ごとに交換するだけです。光学フィルターは定期的に清掃する必要がありますが、Q-SUN試験機などの空冷式試験機では、通常、交換する必要はありません。

カーボンアーク灯の照射出力は、テスト中に十分に制御されていません。出力は、カーボン灯への入力電力によって単純に決定され、変化する可能性があります。一方、キセノンアーク促進耐候性試験機は、電子放射照度制御システムを使用します。これらは、放射照度を継続的に監視し、フィードバックループシステムを介して、キセノンランプへの電力を調整することにより、プログラムされた放射照度レベルを維持するプログラム可能な制御盤で構成されます。さらに、合計出力と発光スペクトルは、ロッドごとに異なる場合があります。これにより、短期テストの結果にばらつきが生じる可能性があります。出力の差が平均化される数週間続く暴露では、問題が発生する場合と発生しない場合があります。カーボンアーク試験機の結果のばらつきのさらに重要な原因は、フィルターの老化です。短波長の紫外線にさらされると、カーボンアークフィルターは光を透過する能力の一部を失います。肉眼で明らかなヘーズは、時間の経過とともにフィルターに蓄積されます。さらに、燃焼プロセスからの炭素のすずはフィルターに堆積し、毎日除去する必要があります。不完全な洗浄は、カーボンアーク試験の均一な放射照度の不足にさらに寄与します。その結果、新しいソーラリゼーション前のフィルターを備えたカーボンアークは、古いフィルターを備えた試験機とは異なる分光分布を持ちます。可視光出力の低下は約20%です。より有害なUVの強度の変化は70%ほどになります。この大きさの変化は、テスト結果に大きな違いをもたらします。

汚れた環境、頻繁なメンテナンス、およびスペクトル出力の大きな変化はすべて、キセノンアーク試験と比較したカーボンアーク試験の欠点です。

## 要約

カーボンアーク光源は、1世紀以上にわたって促進耐候試験を実施するために使用されてきました。過去数十年に渡ってキセノンアークや蛍光UVなどの優れた光源がカーボンアーク光源の代替えとしてその使用が望まれてきました。

キセノンアークランプはカーボンアーク光源と比較しはるかに優れた自然光に類似した分光特性を持ち、放射照度制御システムを使用することにより正確な放射照度出力を得られます。

したがって、キセノンアークランプは、カーボンアークランプより現実的で一貫性のあるテストが可能です。

運用に当たって、カーボンアークランプは取り扱い時に汚れが付き易く、頻繁なメンテナンスが必要であり、また使用するに従い分光特性に大きな変化が生じます。

その結果、キセノンアーク促進耐候試験は現代の試験で広く使用されており、カーボンアーク試験機はほぼ完全に過去のものとなっています。



For sales, technical, or repair support, please visit:

**[Q-Lab.com/support](https://www.q-lab.com/support)**

Westlake, Ohio USA • Homestead, Florida USA • Buckeye, Arizona USA  
Bolton, England • Saarbrücken, Germany • Shanghai, China